



19 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

17 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 100 26 301 A 1**

51 Int. Cl. 7:
G 06 K 9/20

21 Aktenzeichen: 100 26 301.1
22 Anmeldetag: 26. 5. 2000
43 Offenlegungstag: 29. 11. 2001

DE 100 26 301 A 1

11 Anmelder: Sick AG, 79183 Waldkirch, DE	17 Erfinder: Alt, Gerhard, 79350 Sexau, DE; Nübling, Ralf Ulrich, 79211 Denzlingen, DE
14 Vertreter: Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336 München	56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften: DE 40 03 983 C1 DE 195 21 346 A1 US 59 20 643 A MALZ.R.: Der Einsatz schneller Beleuchtungs- operationen für die robuste Merkmalsextraktion und Segmentierung in der industriellen Objekt- erkennung und Qualitätsprüfung, Mustererkennung 1988, 10.DAGM-Symposium, Zürich, Springer-Verlag, 1988, S.270-276; Multiple-Image Vision Inspection Process. In: IBM Technical Disclosure Bulletin, Vol.30, No.4, Sept. 1987, S.1647-1649;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zur Bildverarbeitung

51 Es wird ein Verfahren zur Bildverarbeitung beschrieben, bei dem ein Objekt durch eine Vielzahl von Licht aus-
sendenden Sendeelementen beleuchtet wird, das be-
leuchtete Objekt von einer Aufnahmeeinheit erfaßt und
das von der Aufnahmeeinheit erfaßte Abbild des Musters
ausgewertet wird. In einem Einlernvorgang werden nach-
einander jeweils unterschiedliche Gruppen der Sendeele-
mente zum Aussenden von Licht angesteuert. Anhand
von vorgegebenen Auswahlkriterien wird die Gruppe der
Sendeelemente als Referenzgruppe bestimmt, bei deren
Ansteuerung während des Einlernvorganges das für die
Erkennung des Objekts am besten geeignete Abbild er-
faßt wird. Nach Beenden des Einlernvorganges werden
zum Erfassen des eingelernten Objekts die Sendelemen-
te der Referenzgruppe angesteuert. Weiterhin wird eine
Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens beschrie-
ben.

DE 100 26 301 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bildverarbeitung, bei dem ein Objekt durch eine Vielzahl von Licht aussendenden Sendeelementen beleuchtet wird, das beleuchtete Objekt von einer Aufnahmeeinheit erfasst wird und das von der Aufnahmeeinheit erfasste Abbild des Objekts ausgewertet wird. Weiterhin ist die Erfindung auf eine optoelektronische Vorrichtung zur Bildverarbeitung mit einer Vielzahl von Licht aussendenden Sendeelementen gerichtet, die zum Beleuchten eines zu erkennenden Objekts ausgebildet und angeordnet sind, und mit einer Erfassungseinheit, mit der das beleuchtete Objekt erfasst und in ein digitales Abbild umsetzbar ist.

[0002] Verfahren der eingangs genannten Art können für unterschiedliche Aufgabenstellungen verwendet werden. Übliche Aufgaben sind die Mustererkennung, Bildverbesserung, Segmentierung, Klassifizierung, Aufgaben zur Bestimmung von Maßen in einer Objektszene (Qualitätsprüfung), Lageprüfung oder Erkennung von Bearbeitungsfehlern, z. B. von Oberflächenfehlern. Zur Bilderfassung werden üblicherweise Kamerasysteme eingesetzt, so daß die Objekt- bzw. Musterbeleuchtung eine wesentliche Rolle spielt. Klassische Bildverarbeitungssysteme umfassen beispielsweise eine CCD-Kamera, wobei die Beleuchtung des Objekts entweder mit Umgebungslicht oder, zur Signalverstärkung, mit externen Lichtquellen beleuchtet wird. Neuere Systeme sind beispielsweise als CMOS-basierende Kamerasysteme ausgebildet, die sehr kompakt ausgebildet sind und über eine integrierte aktive Beleuchtung verfügen können. Die Beleuchtung des Objekts erfolgt dabei über diese integrierte Beleuchtung in der Regel aus relativ kurzen Abstand.

[0003] Die Beleuchtung kann dabei beispielsweise als Ringbeleuchtung um ein üblicherweise verwendetes Objektiv ausgebildet sein und beispielsweise mit Halbleiterstrahlungsquellen realisiert werden. Diese können das Objekt direkt oder mit vorgeschalteter Optik beleuchten. Durch die ringförmige Beleuchtung wird das Objekt aus vielen Richtungen gleichzeitig beleuchtet, was sich je nach Aufgabenstellung zur Objekterkennung, beispielsweise bei glänzenden Objekten, insbesondere bei einer Anwesenheitsprüfung als nachteilig erweisen kann.

[0004] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so auszubilden, daß unabhängig von der Art des erfaßten Objekts und von der gestellten Aufgabe eine möglichst gute Erfassung eines vorgegeben Objekts erreicht wird.

[0005] Die das Verfahren betreffende Aufgabe wird erfindungsgemäß ausgehend von einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß in einem Einlernvorgang nacheinander jeweils unterschiedliche Gruppen der Sendeelemente zum Aussenden von Licht angesteuert werden, daß anhand von vorgegebenen Auswahlkriterien die Gruppe der Sendeelemente als Referenzgruppe bestimmt wird, bei deren Ansteuerung während des Einlernvorgangs das für die Erkennung des Objekts am besten geeignete Abbild erfasst wird, und daß nach Beenden des Einlernvorgangs zum Erfassen des eingelesenen Objekts die Sendeelemente der Referenzgruppe angesteuert werden.

[0006] Der die Vorrichtung betreffende Teil der Aufgabe wird erfindungsgemäß ausgehend von einer Vorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Sendeelemente in unterschiedlichen Gruppen zusammengefaßt sind, wobei die Sendeelemente einer Gruppe jeweils gemeinsam, jedoch getrennt von den Sendeelementen der anderen Gruppen zum Aussenden von Licht ansteuerbar sind.

[0007] Erfindungsgemäß erfolgt somit vor der eigentli-

chen Objekterfassung bzw. -erkennung im sogenannten Objekterfassungsbetrieb ein intelligenter Einlernvorgang. Während des Einlernvorgangs werden gezielt nicht alle Sendeelemente gleichzeitig angesteuert, sondern es werden gleichzeitig jeweils nur die Sendeelemente einer Gruppe von Sendeelementen angesteuert, wobei jede Gruppe nur eine Teilmenge der gesamten Anzahl der Sendeelemente umfaßt. Die Ansteuerung der unterschiedlichen Gruppen erfolgt wiederum nacheinander. Dadurch wird erreicht, daß sich je nach Geometrie oder Oberflächeneigenschaft, beispielsweise Remissionsverhalten, des beleuchteten Objekts unterschiedliche Abbilder ergeben, die je nach gewählter Gruppe von Sendeelementen unterschiedliche, das Objekt charakterisierende Merkmale besitzen.

[0008] Nachdem nacheinander alle Gruppen angesteuert wurden, wird diejenige Gruppe der Sendeelemente als Referenzgruppe bestimmt, bei deren Ansteuerung das für die Erkennung des Objekts am besten geeignete Abbild erfasst wird. Im normalen Objekterfassungsbetrieb werden dann zum Erfassen des Objekts gerade die Sendeelemente der Referenzgruppe angesteuert, da mit diesen die Erkennungswahrscheinlichkeit des Objekts optimal ist bzw. die charakteristischen Merkmale des Objekts am besten erfasst werden können.

[0009] Werden beispielsweise wie beim Stand der Technik immer alle ringförmig angeordneten Sendeelemente angesteuert, so kann das dazu führen, daß für das Objekt charakteristische Schatten durch die symmetrische, ringförmige Beleuchtung nahezu ausgelöscht werden und damit z. B. die Erkennungswahrscheinlichkeit für das Objekt verringert wird. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann durch geeignete Gruppierung der Sendeelemente der Schattenwurf hingegen maximiert werden, so daß auch die Erkennungswahrscheinlichkeit für das Objekt bzw. für die charakteristischen Merkmale des Objekts maximiert wird.

[0010] Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung umfaßt jede Gruppe genau ein Sendeelement. Die Sendeelemente können dabei beispielsweise entsprechend ihrer Anordnung sequentiell nacheinander einzeln angesteuert werden, so daß bei einer ringförmigen Anordnung der Sendeelemente nach Beenden des Einlernvorgangs eine Beleuchtung des Objekts aus allen möglichen unterschiedlichen Winkeln erfolgt. Anhand der vorgegebenen Auswahlkriterien wird anschließend das Sendeelement ausgewählt und gespeichert, für das die Erfolgswahrscheinlichkeit für die Erkennung des Objekts bzw. dessen charakteristischer Merkmale am höchsten ist. Grundsätzlich können die Sendeelemente auch in beliebiger Reihenfolge angesteuert werden, da alle jeweils während des Einlernvorgangs erfaßten Abbilder bzw. charakteristische Merkmale der Abbilder gespeichert und zur Auswahl der geeigneten Gruppe bzw. in diesem Fall des geeignetsten Sendelements nach Vollenden des Einlernvorgangs miteinander verglichen werden. Auf die Reihenfolge der Ansteuerung der einzelnen Gruppen kommt es daher während des Einlernvorgangs nicht an.

[0011] Es ist auch möglich, daß jede Gruppe mindestens ein Sendeelement, insbesondere mehrere Sendeelemente umfaßt. Die Gruppen können dabei überlappend oder überlappungsfrei gewählt werden, d. h. jeweils Sendeelemente enthalten, die entweder auch in anderen Gruppen enthalten sind oder ausschließlich Sendeelemente enthalten, die nicht in anderen Gruppen enthalten sind. Auch in diesem Fall ist die Reihenfolge der Ansteuerung der jeweiligen Gruppen während des Einlernvorgangs nicht relevant.

[0012] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird die Gruppe der Sendeelemente als Referenzgruppe ausgewählt, bei deren Ansteuerung das erfasste Abbild die für die das Objekt charakteristischsten

Merkmale besitzt und/oder bei deren Ansteuerung ein charakteristisches Merkmal oder mehrere charakteristische Merkmale des erfaßten Objekts optimal sind, beispielsweise einen Extremwert annehmen. Als charakteristische Merkmale können beispielsweise Schattenwurf, Reflexionen und/oder Kontrastübergänge ausgewertet werden.

[0013] Damit ist es beispielsweise möglich, daß die Gruppe der Sendeelemente als Referenzgruppe ausgewählt wird, bei deren Ansteuerung das erfaßte Abbild die höchsten Kontrastübergänge besitzt. Welches Merkmal als vorgegebenes Auswahlkriterium für die Auswahl der Referenzgruppe verwendet wird, kann durch praktische Versuche ermittelt werden und hängt insbesondere von der Ausgestaltung des zu erfassenden Objekts ab.

[0014] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden zum Erfassen des eingelesenen Objekts im Objekterfassungsbetrieb ausschließlich die Sendeelemente der Referenzgruppe angesteuert. Dadurch wird die für das Erfassen des eingelesenen Objekts im Objekterfassungsbetrieb verwendete Zeit minimiert, wobei durch die Verwendung der Referenzgruppe die Erkennungswahrscheinlichkeit gleichzeitig – unter Berücksichtigung der minimierten Erkennungszeit – optimiert wird.

[0015] Soll die Erkennungswahrscheinlichkeit noch weiter erhöht werden, so ist es nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung möglich, daß während des Einlernvorgangs in Reihenfolge ihrer Eignung für die Erkennung des Objekts zusätzliche nachgeordnete Referenzgruppen bestimmt werden und daß zum Erkennen des eingelesenen Objekts nach Ansteuern der Sendeelemente der Referenzgruppe die Sendeelemente der unmittelbaren nachgeordneten Referenzgruppe und ggf. die Sendeelemente von weiteren nachgeordneten Referenzgruppen angesteuert werden. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn beispielsweise unterschiedliche Objekte beim Beleuchten mit Sendeelementen derselben Referenzgruppe ähnliche Abbilder oder charakteristische Merkmale ergeben. In diesem Fall kann es sinnvoll sein, weitere nachgeordnete Referenzgruppen während des Einlernvorgangs zu ermitteln und abzuspeichern und diese zusätzlich zu der Hauptreferenzgruppe während des Objekterfassungsbetriebs zu verwenden. Auf diese Weise wird zwar die Zeitaufwand für die Erkennung des Objekts verlängert, gleichzeitig wird jedoch die Erkennungswahrscheinlichkeit noch weiter erhöht.

[0016] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird das erfaßte Abbild des Objekts auf zumindest teilweise Übereinstimmung mit wenigstens einem vorgegebenen Referenzbild überprüft. Bei nicht ausreichender Übereinstimmung des erfaßten Abbildes des Objekts mit dem vorgegebenen Referenzbild kann das erfaßte Abbild auf zumindest teilweise Übereinstimmung mit wenigstens einem weiteren vorgegebenen Referenzbild überprüft werden. Auf diese Weise kann das jeweils aktuell untersuchte Objekt mit einer Vielzahl von vorgegebenen, abgespeicherten Referenzbildern verglichen werden, bis eine Übereinstimmung mit einem der vorgegebenen Referenzbilder erkannt wird. Existiert nur ein einziges vorgegebenes Referenzbild, das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erkannt werden soll, so wird nach nicht ausreichender Übereinstimmung das Objekt als nicht erkannt klassifiziert.

[0017] Bevorzugt wird bei einer ausreichenden Übereinstimmung ein Objekterkennungssignal erzeugt, insbesondere wird bei Vorliegen einer Vielzahl von zulässigen vorgegebenen Objekten ein für das erkannte Objekt kennzeichnendes Objekterkennungssignal erzeugt.

[0018] Bei einer erfindungsgemäß ausgebildeten optoelektronischen Vorrichtung ist es durch die Zusammenfassung verschiedener Sendeelemente in unterschiedlichen Gruppen,

die jeweils getrennt zum Aussenden von Licht aussteuerbar sind, möglich, ein zu erkennendes Muster so zu beleuchten, daß das von der Erfassungseinheit aufgrund des remittierten Lichts erfaßte Abbild des Objekts optimale Merkmale, beispielsweise optimale Kontrastverhältnisse und/oder Geometriemerkmale, wie beispielsweise Schattenwurf durch Höhenprofile, erzeugt. Darüber hinaus lassen sich durch eine optimierte Beleuchtung Informationen gewinnen, die die Ausrichtung der Erfassungseinheit, insbesondere einer verwendeten Kamera, bezüglich des Objekts unterstützen.

[0019] Die optoelektronische Vorrichtung kann bevorzugt eine optische Einheit zum Abbilden des Objekts auf die Erfassungseinheit umfassen, wobei diese optische Einheit insbesondere einstellbar sein kann, um dadurch unterschiedliche Objektabstände ausgleichen zu können.

[0020] Auch die Beleuchtung des Objekts kann durch die Sendeelemente über eine vorgeschaltete Optik oder direkt durch die Sendeelemente erfolgen.

[0021] Bevorzugt sind die Sendeelemente insbesondere konzentrisch um die optische Achse der Erfassungseinheit, insbesondere ringförmig um die optische Einheit der Erfassungseinheit herum angeordnet. Grundsätzlich ist jedoch jede beliebige Anordnung der Sendeelemente möglich, durch die das Objekt aus unterschiedlichen Winkeln beleuchtet werden kann.

[0022] Die Sendeelemente sind bevorzugt in einer Ebene angeordnet, die insbesondere senkrecht zur optischen Achse der Erfassungseinheit bzw. der optischen Einheit der Erfassungseinheit angeordnet ist.

[0023] Weiterhin ist vorteilhaft eine Auswerteeinheit zum Überprüfen des erfaßten Abbilds des Objekts auf zumindest teilweise Übereinstimmung mit wenigstens einem vorgegebenen Referenzbild vorgesehen. Diese kann insbesondere als Mikroprozessor ausgebildet sein.

[0024] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0025] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Aufgabenstellung "Mustererkennung" unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. Dies stellt keine Einschränkung der Erfindung dar, die für eine Vielzahl von unterschiedlichen Bildverarbeitungsaufgaben anwendbar ist, von denen einige beispielhaft eingangs angeführt sind. In der Zeichnung zeigen:

[0026] Fig. 1 eine Vorderansicht auf eine erfindungsgemäß ausgebildete Vorrichtung und

[0027] Fig. 2 einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäß ausgebildete Vorrichtung.

[0028] Fig. 1 zeigt eine optische Einheit 1, mit der ein Muster oder ein Objekt auf eine Erfassungseinheit 2 (Fig. 2) beispielsweise einen CCD-Chip oder einen CMOS-basierenden lichtempfindlichen Empfangsbaustein abgebildet werden kann.

[0029] Um die optische Einheit 1 herum ist eine Vielzahl von als Leuchtdioden ausgebildeten Sendeelementen 3 angeordnet, durch die ein von der optischen Einheit 1 auf die Erfassungseinheit 2 abgebildetes Muster beleuchtet werden kann.

[0030] Die Sendeelemente 3 sind ringförmig und in einer Ebene um die optische Achse 7 der optischen Einheit 1 bzw. der Empfangseinheit 2 angeordnet, wie es aus Fig. 2 erkennbar ist. Dabei sind die Sendeelemente 3 zum Aussenden von Licht einer Frequenz ausgebildet, die von der Erfassungseinheit 2 wiederum empfangbar ist. Licht im Sinne dieser Anmeldung kann jegliche optische Strahlung, beispielsweise Infrarotstrahlung, sichtbares Licht oder UV-Strahlung umfassen. Generell ist unter dem Begriff Licht im Sinne dieser Anmeldung jede optische Strahlung zu verstehen, durch die ein Muster beleuchtet werden kann und ein entsprechen-

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das erfaßte Abbild des Objekts auf zumindest teilweise Übereinstimmung mit wenigstens einem vorgegebenen Referenzbild überprüft wird. 5
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß bei nicht ausreichender Übereinstimmung des erfaßten Abbildes des Objekts mit dem vorgegebenen Referenzbild das erfaßte Abbild auf zumindest teilweise Übereinstimmung mit wenigstens einem weiteren vorgegebenen Referenzbild überprüft wird. 10
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß bei ausreichender Übereinstimmung ein Objekterkennungssignal erzeugt wird.
13. Optoelektronische Vorrichtung zur Bildverarbeitung mit einer Vielzahl von Licht aussendenden Sende- 15
elementen (3), die zum Beleuchten eines Objekts ausgebildet und angeordnet sind, und mit einer Erfassungseinheit (2), mit der das beleuchtete Objekt erfaßt und in ein digitales Abbild umsetzbar ist, insbesondere zum Durchführen des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendeelemente (3) in unterschiedlichen Gruppen (6) zusammengefaßt sind, wobei die Sendeelemente einer Gruppe (6) jeweils gemeinsam, jedoch getrennt 20
von den Sendeelementen (3) der anderen Gruppen (6) zum Aussenden von Licht ansteuerbar sind.
14. Optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß jede Gruppe (6) genau ein Sendeelement (3) umfaßt. 25
15. Optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß jede Gruppe (6) zumindest ein Sendeelement (3) umfaßt. 30
16. Optoelektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine optische Einheit (1) zum Abbilden des Objekts auf die Erfassungseinheit (2) vorgesehen ist.
17. Optoelektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendeelemente (3) insbesondere konzentrisch um die optische Achse (7) der Erfassungseinheit und/oder um die optische Einheit (1) der Erfassungseinheit (2) herum angeordnet sind. 35
18. Optoelektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß eine Auswerteeinheit (5) zum Überprüfen des erfaßten Abbilds des Objekts auf zumindest teilweise Übereinstimmung mit wenigstens einem vorgegebenen Referenzbild vorgesehen ist. 40
19. Verwendung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 und/oder einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 18 zur Mustererkennung und/oder zur Bildverbesserung und/oder zur Segmentierung und/oder zur Klassifizierung und/oder zur Qualitätsprüfung und/oder zur Vermessung und/oder zur Lageprüfung und/oder zur Oberflächenprüfung. 45 50 55

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Image processing system and method

Publication number: EP1158460 (A2)

Publication date: 2001-11-28

Inventor(s): ALT GERHARD [DE]; NUEBLING RALF ULRICH [DE] +

Applicant(s): SICK AG [DE] +

Classification:

- **International:** G06T1/00; G06T1/00; (IPC1-7): G06T1/00

- **European:** G06T1/00

Application number: EP20010107954 20010328

Priority number(s): DE20001026301 20000526

Also published as:

EP1158460 (A3)

EP1158460 (B1)

DE10026301 (A1)

AT278993 (T)

Cited documents:

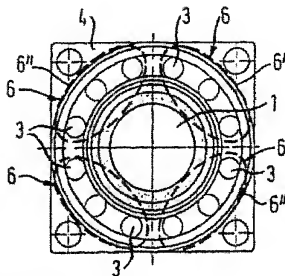
US4989037 (A)

XP002222165 (A)

Abstract of EP 1158460 (A2)

The method involves illuminating the object with light emitting elements, detecting the illuminated object with an acquisition unit and evaluating at least part of the detected image. Different groups of transmission elements are successively activated in a learning process. A group is selected as a reference group for which the best image is produced for object detection. The elements of the selected group are driven to detect the learned object. The method involves illuminating the object with a number of light emitting elements (3), detecting the illuminated object with an acquisition unit and evaluating at least part of the detected image. Different groups (6) of transmission elements are successively activated in a learning process and a group selected as a reference group for which the best image is produced for detecting the object. The transmission elements of the selected group are driven to detect the learned object after the learning process. Independent claims are also included for the following: an optoelectronic device for image processing and the use of the inventive method and arrangement for pattern recognition and image enhancement.

FIG. 1



Data supplied from the espacenet database — Worldwide